Building



جمعية المهندسين الملكية المصرية

« تأسست فى ٣ ديسمبر سنة ١٩٢٠ »

ومعتمدة بمرسوم ملكى بتاريخ ١١ ديسمبر سنة ١٩٢٢

﴿ النشرة الثامنة للسنة الرابعة ﴾

٤٢

محاضرة

المبانى الخطرة

لحضرة محمود افندى احمد

« ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصريه »

فى ٨ فبراير سنة ١٩٢٤

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية
يجب ان يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الاسود
(شيني) ويرسل برسمها صندوق البريد رقم ٧٥١ بمصر

المبانى الخطرة

أيها السادة :

قضيت في اعمال العمارات نيفا وعشرين عاما أتيح لى فى خلالها ان استجمع بعض الملاحظات والمسائل المعقدة التي صادفتني فى مختلف البنايات وكان لها عندى نصيب من البحث والتنقيب رغبة فى الوقوف على اسبابها ونتائجها ثم علاجها والتخلص من مضارها

تعلمون حضراتكم ان الاساس هو أولى وأهم جزء فى البـناء يستدعي عناية المهندس والمعمار على السواء لان على سلامة الاساس تتوقف سلامة ما فوقه الى حد كبير. ولان التفريط في الاساس تفريط في بقية البناء يعقبه خلل فخطر فضياع للاموال بل واحيانا هلاك للارواح

لهذا يجب عند ظهور خلل غامض السبب ان يبـدأ بأساءة الظن في الاساس قبل أى جزء آخر من اجزاء البناء

والتنقيب عن عيوبه التي نم عن نفسها بنفسها بسرعة وسهولة والتي تتلخص فيما يلي .

هبوط جزء من الطبقة الارضية المقام عليها البناء يؤدي الى انحطاط بعض هذا الاخير دون البعض الاخر فيتزعزع ذلك البناء . وفي مثل هذه الاحوال يدل الاختبار على ان جزء من الارض الحاملة للبناء موقر بالاثقال اكثر من الجزء الآخر . إلا في احوال نادره حيث تشاهد اثقال البناء موزعة بنظام على سطح الموقع. غير أن بعض اجزاء هذا الاخير يظهر مناعة ضد الثقل فيحفظ مستواه بينما يضعف البعض الآخر ويعجز عن المقاومة فيستسلم ثم يهوى

هناك حالات عديدة لا يأتى الخطر فيها من عيب اصلى فى الاساس بل من حفر عميق او من رفع القسم الاسفل من جدار مجاور فيحرم الاساس من سند جانبي

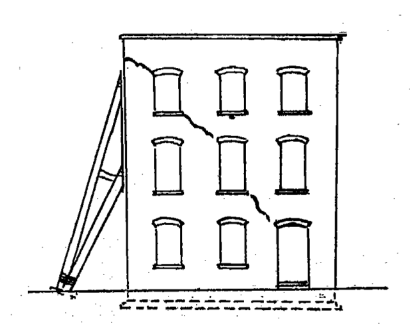
أمارات الهبوط

ان العلائم المألوفة الكثيرة الدلاله علي الهبوط هي الشروخ والفلوع التى ترى فى جدران البناية

ولكن عند البحث فى عيوب كهذه بالجدران يجب الاجتهاد فى التميز بين الشروخ الدالة علي الهبوط وبين الشروخ الناتجة عن عيوب في صناعة الجدران نفسها .

فالشرخ الرأسى الاتجاه المبتدىء من قمة الجدار واسعا ثم يستدق كلما نزل حتي يتحول الى فلع ضيق رفيع يدل علي هبوط طرفي الجدار معا أو هبوط احدهما فقط. واذا ما اختبرت مداميك البناء بروح التسويه والزوايا بخيط شاغول امكن الوصول الى الحقيقة ومعرفة الطرف او الطرفين الهابطين

تدل الشروخ المائلة علي الهبوط عادة غير أنه يجب عند بحثها الحذر من خطأ فى الاستنتاج . والرسم الاول يبين



حالة من حالات الشرخ المائل حيث ظُن فى اول الامر ان الشرخ الحادث في الوجهة كان نتيجة هبوط الركن الايسر منها ولكن البحث الدقيق اظهر أن الركن الايمن هو الذى هبط حيث دار قليلا حول الجزء الكائن اعلا النصف الايمن من الوجهة وبهذه الوسيلة حدث الهبوط

كثيرا ما يحدث الهبوط بكيفية غير منتظرة. مثال ذلك مآذن المساجد وابراج الكنائس وبعض المداخن الضخمة التي يكون ثقلها بالنسبة للمساحة المقامة عليها اكبر من ثقل غيرها من الاجزاء الاخري من البناية كالالونة بالنسبة لمساحة ارضها فلا يستبعد هبوطها ولكن اذا بنيت الالونة على رقعة من الارض اكثر رخاوة مما جاورها أو كانت اساسات جدرانها أقل عرضا مما يلزم لتناسبها مع ثقلها فالهبوط الاكثر ربما يحدث للالونة اكثر من حدوثه للمنارة

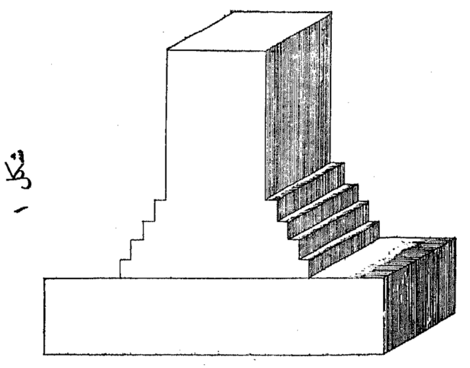
كذلك البنايات المقامة علي شواطيء الانهر فانها تكون قابلة للميل نحو الماء لان الارض التحتية في تلك الجهة أرطب وأرخى من الجهة الاخرى . ولكن اذا ظهر أن البناء مال

الي الجهة البعيدة عن الماء فلا بدّ وان يكون ذلك راجعا الى وجود حائط علي ضفة النهر ساند لما خلفه من الاتربة المقام عليها البناء. وفى حالة كهذه لا يكون هناك خطر فعلي ولكنها ظروف ربما تهيئ حالة خطره. وعلي ذلك يستصوب التأكد من وقت لآخر من وجود حركة فى البناء بوضع علامات جصية أو لصق ورقة أو اكثر على كل شرخ ومراقبة هذه العلامات حتي اذا تشققت أو تمزقت كان ذلك دليلا علي وجود حركة اختلال للبناء . واذا ثبت وجود هذة الحركة فالشد والصلب يصيران لازمين حتي يتم إصلاح البناء

ومتي قرّ الرأى على عيب في الاساس وجب قبل الاقدام على معالجته تقدير ما عليه من اثقال سواء فى ذلك ثقل الحائط الذى تعلوه والسقف الراكب عليه والاحمال الحية والمستديمة ثم ثقل الاساس نفسه وتأثير قوة الريح اذا كان السقف جملونى الشكل ، وذلك لمعرفة ما إذا كان عرض الاساس كافيا لمقاومة محصلة الاحمال او أنه في حاجة الى الزيادة. ومتى ثبت أن هذه الزيادة لازمة فتنفيذها من وجهة

استاتيكيه يحتاج الى امرين.

اولهما — ان يكون عرض الحطة السفلي من الاساس كافيا لتوزيع محصلة الاحمال السابقة الذكر على مسطح من الارض رد فعله او قوة مقاومته للضغط مساو أو أزيد قليلا من فعل هذه المحصله



شكل ١

ثانيهما — أن يكون سمك أو ارتفاع هذه الحطة محسوبا على أن يقاوم فعلى القص والانحناء وذلك باعتبار الحطة نفسها ككباسين طرفيهما مثبتين اسفل الجدار وطول كل منهما يساوى البروز « ل » للحطة السفلى والحمل الواقع على

هذا الطول يعتبر موزعا عليه بالتساوى ومساو لنصف رد فعل الارض (ح)

ولستم في حاجة الى القول بأن عزم انحناء هذا الكباس

هو عزم الانحناء $= \frac{ح ل^{٢}}{٢}$

وعزم المقاومة هي : | د = ارتفاع الحطه

عزم المقاومة $= \frac{١}{٦}$ ب د^{٢} | ب = وحدة من طول الاساس

وان من مساواة هذين العزمين بعضهما ببعض ينتج الارتفاع أو السمك اللازم اعطاؤه للحطة السفلي

ولا أظن بعد توفر هذين الشرطين ان تكون هناك حاجة الي استعمال قانون رانكين الخاص بتعيين عمق الاساس والذي هو بالصورة الآتية المعلومة لحضراتكم

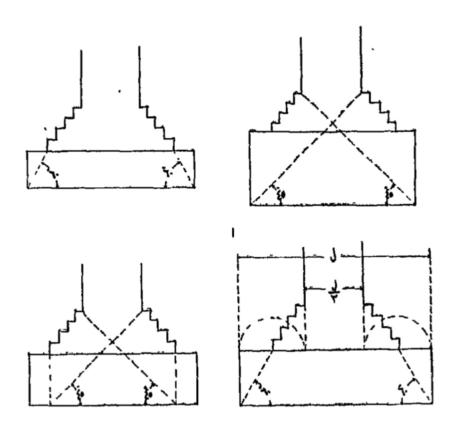
عمق الاساس $= \frac{ح}{و} \left(\frac{١ - حا ه}{١ + حا ه} \right)^{٢}$

وفيه ح = حمل الامن الواقع على الوحدة المربعة من قاع الاساس و (و) وزن ذات الوحدة مكعبة من تربة الاساس و (ه) زاوية ميل التربة الارضيه Angle of Repose

ولا شك ان جميع الذين قرأوا الفروض التى فرضها

رانكين حتى توصل الى وضع هذا القانون ومشتقاته الداخلة في حساب الجدران ودفع الاتربة يدركون ان العدول عن استعماله خير من الجرى ورائه

كذلك الشكل الثاني المعروف باساس ميتشل والثالث المعدل له وأخيرا الشكل الخامس المعدل للثلاثة أشكال السابقه فهذه لا تفضل على الطريقة الحسابية السابقة الذكر



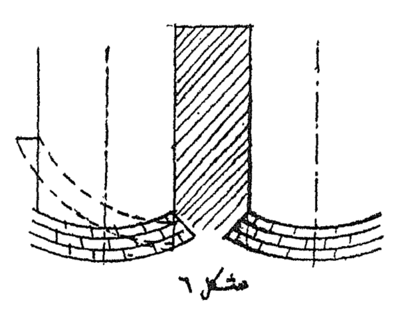
ومن الطف ما يروى ان استعمال القصات Footings في الاساسات غير مألوف في اسكتلندا وفى شمال انجلترا

ولكنه محتم الاتباع فى جنوب انجلترا

« Inverted Arches العقود المقلوبة »

لقد قلّ عن ذى قبل استعمال العقود المقلوبة فى مساواة توزيع الضغوط الواقعة على اساسات البنايات نظرا للتحسن الذى أدخل على طرق التأسيس، وبسبب الخلل الذى ظهر فى كثير من العمائر التي استعملت فيها هذه العقود

أما الفكرة التي بنى عليها استخدامها فاساسها أن الاكتاف التي بين الشبابيك بضغطها علي جزء صغير من الاساس وبسبب كثرة الحمل الواقع عليها تكون بطبيعة الحال معرضة لهبوط اكبر منه فى الاجزاء الاخرى المحصورة



شكل ٦

بين تلك الاكتاف وتكون النتيجة قطع الاتصال بين اجزاء الاساس الواقعة تحت الاكتاف وبين اجزائه الاخرى المحصورة بينها

فلمنع هذا العيب — عيب تجزئة الاساس الى قطع — رؤى أدخال عقود مقلوبة بين الاكتاف تؤدى الى توزيع ضغط « الاكتاف Piers » بالتساوى علي الاساس باكمله

ولا يخفي ان دفع كل عقد من هذه العقود يعارضه دفع آخر مساو له من عقد ثان شبيه به وهكذا يتسلسل الدفع وتتتابع المعارضة حتي تصل الى الكتف الاخير من البناء الذى يجب عليه مقاومة هذا الدفع النهائى بمساعدة ما خلفه من الاتربة وبفضل الابعاد الكافية التي تعطي له ، حتى يكون ثقله كاف للمقاومة ، وإلا فأن جزءه الاسفل يندفع الخارج ويتعرض البناء للخطر . ومتي وصلت الحالة الى هذه الدرجة فالمبادرة بعملية الشد والصلب تصير واجبة لتخفيف الحمل عن الكتف المختل حتي يهدم ويعاد بناؤه هو وجزء من العقد المجاور له بطريقة تضمن أمنه حاضرا

ومستقبلا ، وهذا يكون بواحد من اثنين

أولهما — زيادة عرض الكتف ليثقل وزنه

ثانيهما - زيادة تنفيخ العقد بالكيفية المبينة بالشكل السادس

ولكن اذا كان العقد واسع الفتحة فيجب عند إعادة بنائه العمل علي الاقتصاد فى مواد البناء وفي الحيز الذى تشغله ايضا

وبدهي فى العقود المتادة المحمولة على أكتاف ان المقاومة الاستاتيكيه للاكتاف يمكن زيادتها بزيادة ثقلها كما كان بناؤ القرون الوسطى يزيدون مقاومة الدعائم بشرافات تعلوها فتزيد في ثقلها . ولكن فى حالة العقود المقلوبة تكون كل زيادة فى ثقل الاكتاف سببا فى زيادة دفع هذه العقود. ومن هنا يظهر أن الشروط التي بها يقاوم ثقلُ دفعَ العقد يجب ان تكون مرتبطة بتناسب عرض الكتف ثم « بسعة Span » العقد وارتفاع تنفيخه

ولا يخفي ان الدفع الافقي للعقد « القطع دائري —

Sagmantal » يتغير طردا تبعا للبعد المحصور بين مركز ثقل نصف العقد وما يحمله وبين الكتف ، وعكسا بنسبة ارتفاع التنفيخ . وفي حالتنا هذه لا يحمل العقد المقلوب حملا ولكن يحل محل الحمل « رد فعل صاعد upward-reaction » موزع بالتساوى على نصف العقد . وإذا فرض ان (ف) هي سعة العقد فرد الفعل المؤثر على نصفه يتغير تبعا للنسبة $\frac{ب}{٢}$ ، كذلك البعد بين مركز ثقل هذه القوة (رد الفعل) وبين الكتف لا تتجاوز $\frac{ب}{٤}$ ، فلنفرض انها كذلك وأن (س) سهم او ارتفاع التنفيخ فالدفع الافقي يتغير تبعا الى $\frac{ب^{٢}}{٨ س}$

وهذا الدفع يقاومه ثقل الكتف الكائن فوق العقد مباشرة . وذلك الثقل يساوى رد فعل الاساس الممتد بعرض الكتف ورد فعل نصف سعة العقد . وبفرض ان ع = عرض الكتف فثقل هذا الاخير يتغير تبعا الى النسبة

$$ع + \frac{ب}{٢}$$

واذا تغلب دفع العقد على الكتف فانه يرغمه على الانزلاق على اساسه . كذلك مقاومة الكتف للانتقال فانها

تساوى نصف ثقله أى

$$\frac{\text{٢ + ع ف}}{\text{٤}}$$

وبناء على هـذا يثبت البناء متي كان $\frac{\text{ف}^{٢}}{\text{٨ س}}$ لا يتجاوز $\frac{\text{ع ٢ + ف}}{\text{٤}}$ أو متي كان س $= \frac{\text{ف}^{٢}}{\text{٤ ع + ٢ ف}}$

وإذا تقرر ذلك فالنسب الآتية تضمن الثبات

عرض الكتف $\frac{١}{٨}$ سعة العقد : فسهم العقد يكون $\frac{١}{٤}$ الفتحة

»	»	$\frac{١}{٢}$	»	»	»	$\frac{٣}{١٠}$	»
»	»	$\frac{١}{٤}$	»	»	»	$\frac{١}{٣}$	»
»	»	$\frac{١}{٥}$	»	»	»	$\frac{٥}{٢٤}$	»
»	»	$\frac{١}{١٠}$	»	»	»	$\frac{٥}{٢٢}$	»

ومتي علم ثقل الكتف المتطرف بهذه الطريقة التقريبية فدفع العقد يمكن تحقيقه من القانون د $= \frac{\text{و ف}^{٢}}{\text{٨ س}}$ حيث (د) = الدفع و (و) = الوزن المنتقل من الكتف الى نصف العقد

الجدران

اذا مال جـدار على المستوى الرأسي بسبب عيب في أساسه فالعادة أن يصلح الجدار والاساش معا . غـير أن حالات الجدران متنوعة بسبب تنوع القوي المعرضة لها والجهود المختلفة الواجب عليها بذلها لمقاومة تلك القوي ولهذا لا يستطاع وصف علاج شامل. ولكن يمكن عرض حالات خاصة كثيرة المصادفة فى العمل

وأبسط الحالات اسوار الحدائق والمزارع التي لاتحمل سوى ثقل نفسها ولكنها فى الوقت ذاته تتعرض لضغط الرياح فتتقوس تقوسا يتدرج سهمه في الكبر ابتداء من سطح الارض الى قمة الجدار . واكبر تقوس من هذا القبيل شاهدته فى الوجهة البحرية لجامع الظاهر بيبرس بميدان الظاهر حيث بلغ سهمه نحو ٥٥ سنتيمترا ثم الجنب البحري لسور الدير الاحمر الكائن غرب سوهاج حيث بلغ نحو ٣٥ سنتيمترا .ولا أشذ عن الموضوع كثيرا اذا قلت لحضراتكم إن هذا السور الاخير مبنى بالطوب الاحمر بارتفاع ١٣ مترا مع ان اساسه مبني بالطوب الاخضر بعمق أقله ٦٠ سنتيمترا

واكثره مترا واحدا

وفى اسوار الحدائق والمزارع يوجد خصم خفى الفعل بطىء التأثير عظيمه ، ذلك هو جذور النباتات والاشجار والنخيل التي تزعزع ثبات الجدار تدريجا بقوة رافعة هائلة. فاذا حدث ذلك وكانت الدعائم لا تقوي على منع انقلاب الجدار فلا بدّ من اعادة بنائه بعد استئصال شأفة الجذور والا فالعلاج يكون وقتي

اذا برزت قمة جدار منعزل عن قاعدته فيكفي ان يزاد في عرض الاساس وفى سمك الجدار نفسه بكتلة منشوريه من البناء تكفي لجعل الوجه المائل رأسي مع العمل على ربط البناء الجديد بالبناء القديم ولا أظن ان فى مثل هذه الحالات العادية البسيطة يكون هناك محل للاهتمام باختلاف درجتي حرارة البنائين واختلاف معاملي مرونتهما كما كان الحال في سد أسوان عند ما نفذ مشروع تعليته

ولكن اذا كان الجدار مجسما قليل الارتفاع كثير الميل فزيادة السمك بالكيفية السابقة لا تكفي لاعادة ثباته اليه بل

يجب ان تكون الزيادة فى السمك محسوبة بالقانون الآتى:

يضاف الى مقدار الميل نصف سمك الجدار عند قاعدته

ويؤخذ نصف المجموع فالناتج يكون سمك الزيادة المطلوبة

عند قاعدة الجدار

نعم ان هذه طريقة بسيطة ولكن ربط البناء الجديد بالبناء القديم يستدعي هدم جانب كبير من وجه الجدار وهذا مما لا يستصوبه بعض المهندسين، وفي هذه الحالة يجب الالتجاء الى الدعائم بشرط ان يكون مكعب المواد الداخلة فى بنائها معادلا لمكعب الزيادة السابقة الذكر وبشرط أن لا يتجاوز بروز هذه الدعائم عرضها فاذا وقع ذلك فلا بد من الاقتصاد فى المواد والعمل على عدم تجاوز البروز مقدار العرض الذي لا يجب ان يقل عن ¼ المسافة المحصورة بين محورى دعامتين متجاورتين

تفعل السقوف الجملونية والقبوات فى الجدران الحاملة لها ما تفعله الاتربة والمياه في الحيطان الساندة لها فاذا حدث شيء من ذلك فالدعائم السابقة خير علاج لها

« العيوب الموضعية في الجدران »

ان اجلي وأوضح عيب محلى في الجدران هي الفلوع والتبرج . ومتى (بوّج) الوجه الخارجي لجدار ما فوجهه الداخلي يجب فحصه حتى اذا وجد رأسيا كان ذلك دليلا على ان التبوج قاصر على الوجه الخارجي وحده . وهذه حالة مشاهدة بكثرة في مبانينا القديمة — في قسمي الدرب الاحمر والجماليه — حيث ترى الجدران التي بنيت منذ حوالى مائة عام بسمك كبير قد انفصلت احجار وجهها عن القلب بسبب قلة (الأسهال) الرابطة بينهما. وليس في هذه الحالة خطر ما بل ويكفى لعلاجها فك الاحجار المبوجة وردها بالثانى مزودة بالاسهال الرابطة الكافيه

أيها السادة : شاهدت في كثير من الآثار التي اشتغلت باصلاحها أن الجدران التى ترم اسفالها بسبب تآكل احجارها بفعل الرطوبة أو بفعل الزمان — أو بسبب التبوج السابق الذكر — ان الاحجار الجديدة التي بنيت بدل القديمة قد ظهرت على وجهها املاح وقشور بعد زمن وجيز من بنائها

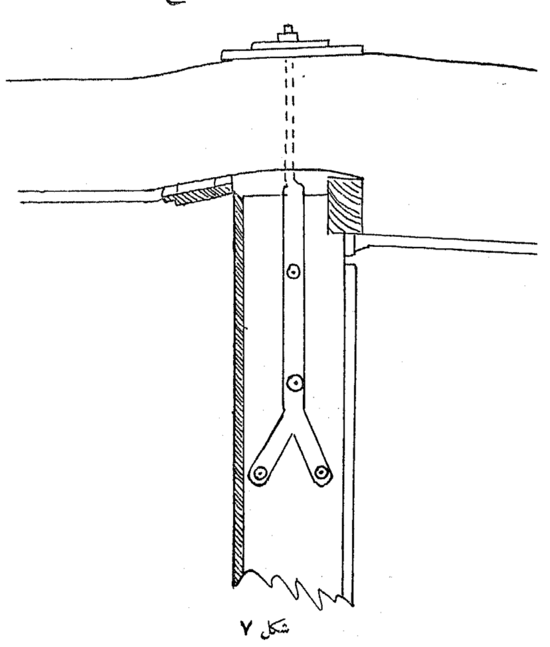
وكثيرا ماغيرتُ في انواع الاحجار والمحاجر فلم أوفق الى دواء ناجع وأخيرا جربت الطريقة الآتية فى مسجد جمال الدين الاستادار الكائن باول شارع الجمالية فنجحت نجاحا تاما

عمدت الى أحد الجدران ورممت سفله بالحجر ولكنى تركت في الجزء المبني فراغات (شنايش) مسطحها يعادل ١٠ ٪ من مسطح البناء الجديد وعمقها كسمك الترميم

ثم عمدت فى الوقت نفسه الى ترميم جزء آخر بجوار القسم السالف الذكر ولكن بدون أن أترك فيه ثغرات فبعد سنة وجدت احجار الجزء الاول سليمة خالية من الاملاح والقشور ووجدت احجار القسم الثانى مملحة مقشرة فسددت الثغرات ودأبت على هذه الطريقة فلم تخطيء مرة واحدة

نعود الى التبوج فنقول : انه قد يحدث ايضا في الجزء العلوى من جدار بسبب دفع سقف جملونى وفي هذه الحالة يكفى ربط الجزء المبوج فى الجدار الموازى المقابل له بواسطة قضيب من حديد تكون وظيفته في هذه الحالة كوظيفة شداد الجملون يصل ما بين قدميه

ومثل هذا العلاج يتخذ عند ما يكون التبوج حاصلا في الجزء الراكبة فيه كمرات سقوف الادوار المتوسطة ولكني لا أرى داعيا لمد الرباط من جدار الى آخر بل يكفي أن يكون أحد طرفيه مثبتا في الوجه المبوج والطرف الآخر



شكل ٧

في احدى كمرات السقف كما يرى فى الشكل السابع مع الاجتهاد فى اخفاء الرباط عن النظر

هناك حالة أخرى من حالات التبوج لا بأس من ذكرها

شاهدت هذه الحالة متكررة لأول مرة في بيت أثرى بدرب الرشيدى حيث رأيت التبوج مصحوبا بتفتت في الاحجار المبوجة وأعلا التبوج شرخ رأسي فوقه طرف عتب غليظ حامل لسقف كبير . ولكني لم أجد تحت ذلك الطرف ميدة لتوزيع الثقل على مساحة كافية من طول الجدار فأدى عدم وجودها الى تأثير الثقل المنقول الي الحائط بواسطة طرف العتب على مساحة صغيرة وكانت النتيجة ظهور فعل القص الدال عليه وجود الشرخ الرأسي ثم ظهور السحق الذي انبأ عنه تفتت الحجر

وبهذه المناسبة مناسبة وضع الميد تحت اطراف الاعتاب نأتى هنا على ملاحظة عمارية قد يظنها البعض لمجرد الزخرف ولكنها فنية بحته

كثيراً ما يشاهد تحت أطراف اعتاب الكبارى بسط حجرية تستخدم كوسائد لتوزيع الضغط على الاكتاف كما تفعل الميد وقد يحدث أن ينحني العتب بتأثير الثقل عليه فتضغط شفته السفلي حافة الوسادة فتكسرها. واجتنابا لهذا الفعل تشظف هذه الحواف أو تستدار. وعن هذه الفكرة شظفت لحامات الوجهات الحجرية أو الاعمدة كما فى الشكل الثامن

« سحق الجدران »

جميع الجدران الرأسية الوضع القليلة الارتفاع تُسحق مادتها بسبب زيادة حملها أو لرداءة مادتها. ومتى كان الحمل موزعا عليها بنظام وتساو فالجدار يسحق

شكل ٨

في كامل طوله . واذا أضيف الى هذا الحمل ثقل الجدار فالسحق قد يحدث في جزئه الاسفل . ولا يخفى ان مادة قلب الحائط محفوظة بالضغط الواقع عليها من مادة الوجهين ولكن هذين الاخيرين بسبب خلوهما من سند جانبي تصير مادتهما قابلة للكسر على هيئة قطع منشورية تبرز الى الخارج فتنقطع المساعدة عن القلب فيتبعه في الكسر والبروز

من هذا يفهم ان احدى علامات سحق الجدار ليس التبوج ولكنه نتوء البناء المكسور على شكل زاوية منفرجة

« خلل الاعمدة والاكتاف الحجرية »

تختل الاعمدة والاكتاف الحجرية بسببين أولهما صناعي والآخر حسابي

أما السبب الصناعي فراجع الى عدم انتظام نحت مراقد أو لحامات البسط المكون منها العمود وقلة سمك المونة الى أصغر حد ثم الي عدم انتظام هذا السمك كأن تكون المونة سميكة فى جزء من سطح اللحام قليلة فى الجزء الآخر فيختل توزيع الثقل على سطح اللحام الافقي وتتشقق البسط

وأما السبب الحسابي فمعناه تحميل العمود اكثر من طاقته فتنفطر أحجاره اذا كان من النوع القصير وينحني ثم يتفطر فى آن واحد اذا كان من النوع الطويل

واذا ما تركب العمود من ثلاث قطع أى من قاعدة ومن بدن وتاج كما هو الحال فى جميع محال العبادة فيستعان على استواء اللحام بين القاعدة والبدن وبين التاج والبدن وتوزيع الضغط بنظام بوضع طبقة لينة من الرصاص أو اللباد فوق القاعدة وتحت التاج

نعود الى الاعمدة التي تُكسر بسطها بسبب زيادة حملها فترى الافكار تتجه غالبا الى الاعتقاد بان زيادة الضغط هي التي سببت الكسر. وهذا وهم لامبرر له إذ الحجر يقاوم الضغط اضعاف مقاومته القطع

شكل ٨

الذى هو السبب الاول الحقيقي للكسر المائل على مراقد البسط المكون منها العمود وهذا الرأى المثبوت عمليا مؤيد بالحساب الرياضي الآتي المعروف لحضرتكم

اذا فرض ان عمودا حجريا منشورى الشكل ضلع قاعدته المربعة المساوى (د) يحمل ثقلا محصلته (ح) ثم قطع بالمستوى (ا ب) المائل على الافق أو (اللحام) بزاوية قدرها (هـ) فهذه المحصلة تحلل على المستوى المذكور الى مركبتين احدهما عمودية عليه وتساوى (د حتا هـ) والثانية موازية له وتساوى د حا هـ، وبما أن القطاع العرضي للعمود هو د٢ فقطاعه المائل هو د٢ وا هـ، والضغط الواقع على الوحدة المربعة من هذا السطح يساوى د حتا هـ ÷ د٢ وا هـ، وجهد القوة القطعة = د حا هـ ÷ د٢ وا هـ

وهذه الكمية تبلغ (نهايتها العظمي Maximum) متي بلغ مقدار هـ ٤٥° ، ويتبع ذلك ان حا هـ/وا هـ = ١/٢ بحيث ان أعظم جهد قطع للوحدة من مسطح قطاع العمود يعادل نصف جهد ضغطها

لهذا ننصح عند حساب مقاومة الاعمدة الحجريه أن تراعي قوة القطع قبل مراعاة المقاومة للضغط

« خلل العقود »

جميع العقود النصف دائرية و (المرجونيه Elliptical) اذا طرأ عليها خلل فانه يكون بهبوط عند المفتاح (Crown) وعلو عند (الخصرين Haunches) وبعكس ذلك العقود (المدببة Pointed) فان خللها يؤدى الى رفعها عند المفتاح وهبوطها عند الخصرين . ولهذا يجب عند شد العقود أن يحمل المفتاح فى الحالة الاولى وان تسند الخصور فى الحالة الاخيرة

وقد تستعمل (الكانات Cramps) احيانا فى اصلاح العقود . ومتي قرّ الرأى على استعمالها فيجب وضعها فى الاجزاء القابلة للتفتح أى عند (سطح التنفيخ Intrados) بالقرب من المفتاح فى العقود الدائرية . أو المرجونية وفى منتصف الارتفاع فى العقود المدببة . ومتي كان كتفا العقد ثابتين قويين فاحتمال حدوث خلل العقد يحدث عن اضمحلال

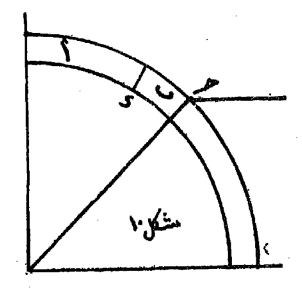
مادته بفعل الزمان أو لحاجة الى زيادة السمك . أما الحالة الاولى فعلاجها هدم واعادة بناء العقد وأما الحالة الثانية فعلاجها اضافة حلقة ثانيه فوق الحلقة القديمه . وفى حالة مايكون العقد دائريا وتكون المسافة فوقه مساعدة على بناء الحلقة الجديده مدببة فيحسن بناءها بهذا الشكل لما فيه من مزية (حدّة Steeping) خط الضغط

قد يكسر العقد ايضا بسبب هبوط أساس الكتف الحامل له أو بسبب زيادة سمك لحامات هـذا الكتف ثم بسبب عدم انتظام توزيع الاثقال على العقد وهذه اسباب يسهل تلافيها بالطرق العادية

القباب

يندر أن تحمل القباب غير ثقل نفسها ومع ذلك فانها اذا كانت نصف كروية الشكل وحدة السمك فدفع الجزء العلوي يكون كبيرا الى حد أن الجزء الاسفل يعجز احيانا عن مقاومته ولهذا السبب اتجهت الفكرة الي ملء خصور القبة النصف الكروية الي علو ٤٥° فوق مبدء انحنائها .

بشرط ان يعطي الوقت الكافي (لشك) البناء قبل فك عبوة القبة . ولكي يكون للملء الخصور جمال عمارى اكتفي البيزنطيون باقامة دعائم متعددة حول القبة لا نزال نرى في مصر أمثلة منها كقبة جامع محمد بك أبي الذهب تجاه الازهر وقبة جامع سنان باشا الجندى المهندس الالبانى المعروف في بولاق باسم جامع (السنانية)



يتضح مما تقدم ان الوجهة العملية تقضى بان قبةً ذات سمك معقول لا يؤمن بناؤها على علو اكثر من ٩٠° ، أو من ٤٥° تحت مركز مفتاحها ، والشكل ١٠ يبين نصف قبة كرويه الشكل ملئت خصورها لغاية النقطة (حـ) الكائنة أسفل المفتاح بقدر ٤٥° . وهنا يتساءل عما إذا كانت القبة قابلة للاختلال بالانفجار عند أية نقطة تعلو النقطة (حـ) ؟ ان الدفع الحاصل من أى جزء علوي كالجزء (ا) يمكن

تحقيقه بنفس النظرية التي حسب بها دفع العقد وبناء على ذلك اذا فرض أن (و) هو وزن الكتلة (ا) وأن (ق) هو البعد الافقي لمركز ثقلها عن نقطة الارتكاز (د) وأن (ع) هو علو ظهر المفتاح عن (د) وأن (ض) هو الضغط أو الدفع الافقي الحادث من الكتلة (ب) فان

$$ض = \frac{و ف}{ع}$$

وفي هذا القانون مفروض ان القبة ستختل بفتحها عند سطح تنفيخ المفتاح وعند (سطح التجريد Extrados) فوق (ب) وهذا الدفع يقاوم عند (ب) بنفس الكيفية التي بها جدار أو كتف يقاوم الانقلاب وعلى هذا اذا فرض ان (وَ) يساوى وزن الكتلة (ب) وان (وَ) = البعد الافقي لمركز ثقله عن نقطة الارتكار (حـ) وان (عَ) هو ارتفاع (د) عن (حـ) و (ضَ) هو عزم مقاومة الكتلة (ب) فان

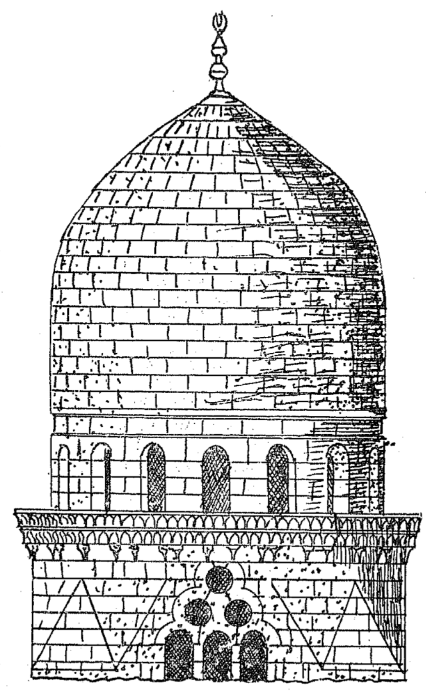
$$ضَ = \frac{و ف}{ع}$$

ولا بد من ملاحظة ان النظرية السابقة مبنيه على افتراض ان صنج القبة غير قابلة للضغط، ولكن فى حالة

حدوث اختلال فان هذه الصنج تسحق عند حوافها بدلا من دورانها وان النظرية التي نحن بصددها تبين توازن القوى الحقيقى قبل وقوع الاختلال

ولا فائدة من التعرض لذكر طريقة تعيين سموك القباب لان شروط ذلك التعيين لا تختلف فى شيء عن شروط العقود ولكنى أوجه الانظار الى براعة اسلافنا الصالحين المقتدرين

كلنا يعرف أن من بين شروط توازن العقود وثباتها أن يمر منحني الضغط داخل الثالث المتوسط أو النصف المتوسط من سمك العقد، فلو طبق هذا الشرط على القبة القاهرية (أى القبة التي توجد فى آثار القاهرة الاسلامية) لحكم عليها بالاختلال ولكن ثباتها ينافي ذلك الحكم، فهل ناقض العلم العمل؟ الحقيقة ان لا تناقض بينهما وان المهندس المصرى نفذ بحدّة ذكائه فى مسألة الدفع الافقي فتحكم فيه بفكرة بسيطة ابتكرها وصمم القبة بشكل بديع متقن خال من الدعائم الساندة التي أشرنا اليها من قبل



« القبـــة القاهريه »

تلك الفكرة البسيطة هي جعل لحامات الصنج أفقية
أى عمودية على المحور الرأسي للقبة بينما القباب الرومانيه

والبيزنطية تجعل هذه اللحامات كلحامات العقود متجهة فى خطوط منبعثة من مركز الانحناء ومائلة على المحور الرأسي

« الكمرات والسقوف »

جميع الكمرات — خشبية كانت أو حديديه — تختل إما بزيادة تحميلها واما بعطب يتلف مادتها . واذا روعيت مسألة زيادة التحميل وجب علينا عند حساب بعدى قطاعها وهما العرض والارتفاع . عدم الاكتفاء بجعل عزم انحنائها مساو لعزم مقاومة مادتها لان الكمرة قد يتوفر فيها هذا الشرط ولكنها مع ذلك تكون معيبة ، وهذا العيب شائع واضح في سقوفنا الخشبية التي تشاهد مربوعاتها منحنية انحناء كثيرا ما يؤدى الى تشقق بياض تلك السقوف اذا كانت ملقمة بالبغدادلى ثم الى تفتت بلاط الغرفة التي تعلو ذلك السقف . وفى هذا دليل على ان التوازن ينقصه عامل ثالث غير عزمي الانحناء والمقاومة. هذا العامل هو (الصلابة Stiffness) التي نحصل عليها بزيادة ارتفاع المربوعة أو الكمرة بقدر معين يمنع (ترخيمها Deflection) باكثر

من الحدود التي نصت عليها كتب مقاومة المواد والتي لا أرا كم في حاجة الى ذكرها هنا

ولمناسبة تشقق بياض السقوف اذكر لحضراتكم عاملا ثقيلا تدخل فى هذا الموضوع ، هو عجلات اللورى الثقيلة التى تجتاز شوارعنا هذه الايام فتهز المباني هزاً كان من نتائجه ما شاهدته في بعض العمائر الحديثة من حدوث التشقق المشار اليه فارجو من هيئة هذه الجمعية الموقرة ان تعمل على درء خطره

أما عطب المادة فهو نتيجة الصدأ في الحديد والصلب والنخر والتسويس والتآكل فى الخشب وقد عثرت في جهة الخرشتف « الخرنفش » على سقف خشبي توفرت فى مربوعاته كل شروط المتانة والمقاومة وجودة المادة ولكنه سقط جسما واحدا بسبب تآكل اطرافه السابحة فى الجدران بفعل املاح المونة والرطوبة معاً . كذلك عثرت فى الكنيسة المعلقة التي زارتها الجمعية سنة ١٩٢١ على جملونات حافظة لكل اشكالها ولكن بواطن اجزائها حوت مسالك وسراديب

وأوكار انشأتها الزنابير بمهارة فائقة أعدمت فائدة الخشب وجعلت تجديده أمرا محتما

ولا أزيد حضراتكم علما بالكمرات الزهر فهي اكثر الكمرات خيانة وأعظمها خطرا لانها اذا حملت اكثر من طاقتها قليلا كسرت بغير سابق انذار أو تحذير فاحذروها أو اهجروها كما هجرها غيرنا

« البنايات العالية »

جميع البنايات العالية — أى التي لا يكون ارتفاعها مناسبا لضلع قاعدتها — اذا طرأ عليها خلل خطير فطرق ملافاته تكون غالبا معقدة دقيقة . وأظهر حالات خطر هذه البنايات وأخص بالذكر منها مآذن المساجد وابراج الكنائس. وبعض المداخن العاليه، هو ميلها على الخط الرأسي سواء لعيب فى الاساس أو فى بناء القاعدة أو لفعل الريح الذى ليس لهبوبه جهة معينة، ولكنه في مصر يهب غالبا من جهتي الشمال والشمال الغربى

واذا ثبتت براءة الاساس من تهمة حدوث الميل

فقد يكون هناك محل للظن بأن بعض المواد المبنية منها العمارة كالطوب والحجر (قابلة لليونة Flexibility) الي حد ما كما لا بدّ من الاعتقاد بان كثيرا من المآذن عندنا مال الى الجهة المقدر ان يهب منها الريح، وهذا دليل على ان هذا الاخير لم يكن له من التأثير على المئذنة ما يكفي لدفعها امامه والعمل على حدوث شد علامته تفتح لحامات البناء من ناحية هبوبه وحدوث ضغط دلالته تفتت وتشقق مواد البناء من الناحية الاخرى المقابلة للاولى، وهذه الاعراض ظهرت جلية واضحة في منارة جامع ابى العلا ببولاق التي كان علاجها الوحيد هدمها واعادة بنائها بعد أن عجزنا عن تقويمها بالطريقة التى اتبعت فى تقويم مدخنة تونسند بانجلترا

هذه المدخنة بدأ ميلها من نقطة تعلو القاعدة بقدر ١٠٠ قدم وبلغ نحو ٧ أقدام وتسع بوصات بحيث جعل البناء على شكل منحن

كان العلاج الوحيد لتقويم هذه المدخنة واعادتها الى الوضع الرأسي نشر عدة قطاعات افقية بالمنشار فى اثنا عشر

موضع من ارتفاع الجانب المضاد لجهة الميل بحيث عمل كل قطع على شكل منشور ثلاثى أو سفين ارتفاع قاعدته يساوى ½٣ من الميل و بذلك أعيدت المدخنة الى وضعها الرأسى بالتدريج

ومن المهم فى مثل هذه الاعمال التأكد تماما من مقدار الجزء الواجب قطعه للوصول الى الغرض المقصود لان اصغر خطأ في تقديره يؤدى الى فرق عظيم. وأسلم الطرق عاقبة فى مثل هذه الاحوال هو قياس الارتفاع الكلي على كل من الجانبين المحدب والمجوف على التوالى وبالطبع يكون الفرق بينهما هو الجزء الواجب قطعه من الجانب المحدب. ولا بدّ من استعمال الاسافين فى الاجزاء المنشورة ثم سحبها شيئا فشيئا اثناء عملية التقويم

ومهما كان مبلغ التقويم أو الترميم من الصغر فلا بدّ من شد البناء بالقطع الخشبيه المناسبة ولكن لا ننس ان العمارة الواحدة قد يطرأ الخلل على اكثر من جزء واحد من اجزائها المختلفة نوعا وشكلا ووظيفة فاذا ماحدث ذلك

فعملية الشد تصير معقدة ولها من الاهمية ما للترميم نفسه من الاهمية لان اجراءها تعوزه المهارة وسعة الحيلة والالمام التام بتوازن القوى

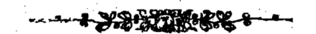
كنت أود علي ان آتى هنا علي بعض حالات الشد والصلب الهامة ولكني خشيت التطويل والملل فعزمت علي ان افرد لها محاضرة خاصة اذا سمحتم لي بها .

وختاما اكرر الشكر لحضراتكم على صبركم وحسن اصغائكم

المهندس

محمود احمد

مدير مجلة الهندسة



مطبعة أبي الهول بشارع محمد علي بالقاهرة
بجوار دار الكتب الخديوية لصاحبها عثمان فهمي